

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日                      2 0 0 3 年    1 月 3 0 日  
Date of Application:

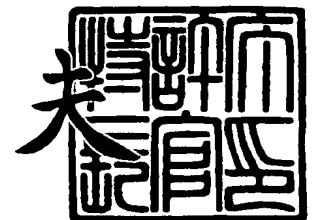
出 願 番 号                      特 願 2 0 0 3 - 0 2 2 0 5 6  
Application Number:  
[ST. 10/C]:                      [ J P 2 0 0 3 - 0 2 2 0 5 6 ]

出      願      人                      富士写真フイルム株式会社  
Applicant(s):

2 0 0 4 年    1 月 2 0 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 P27532J

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01S 5/00

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県足柄上郡開成町宮台 7 9 8 番地 富士写真フイルム株式会社内

【氏名】 山中 英生

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県足柄上郡開成町宮台 7 9 8 番地 富士写真フイルム株式会社内

【氏名】 岡崎 洋二

【特許出願人】

【識別番号】 000005201

【氏名又は名称】 富士写真フイルム株式会社

【代理人】

【識別番号】 100073184

【弁理士】

【氏名又は名称】 柳田 征史

【選任した代理人】

【識別番号】 100090468

【弁理士】

【氏名又は名称】 佐久間 剛

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008969

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9814441

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 レーザ光合波装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数の半導体レーザが、該半導体レーザそれぞれの活性層が同一平面上に並ぶように配置されたレーザブロックと、

前記複数の半導体レーザから射出された各光束を、互いに平行な光軸を持ち同一平面上にスロー軸を有する平行光束にするコリメート光学系と、

前記平行光束とされた各光束の伝播方向における互いに異なる位置で前記各光束のファスト軸の向きを変更して各ファスト軸が同一平面上に並ぶようにする、前記各光束毎に配置された複数のプリズムからなる光束再配列光学系と

前記ファスト軸が同一平面上に並べられた光束からなる全体光束を前記スロー軸およびファスト軸方向に収束させて光ファイバに入射させる収束光学系とを備えたレーザ光合波装置。

【請求項 2】 前記コリメート光学系が、トランケート型のレンズであることを特徴とする請求項 1 記載のレーザ光合波装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、レーザ光合波装置に関し、詳しくは、複数の半導体レーザから射出された各レーザ光束からなる全体光束を収束させて光ファイバに入射させるレーザ光合波装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来より、1 方向に並べられた複数の半導体レーザから射出されたレーザ光の各光束をコリメートレンズを通して 1 方向に並ぶ互いに平行な光軸を有する平行光束とし、このように並べられた各光束の全体を集光させて 1 本の光ファイバに入射させエネルギー密度の高いレーザ光を光ファイバ中に伝播させる手法（例えば、特許文献 1）が知られている。

【0003】

また、上記1方向に光軸が並べられた複数の光束の全体を収束させる際には、各光束のファスト軸が同一平面上に並ぶようにすると上記光束の全体を小さく絞り込むことができることが知られている。すなわち、各半導体レーザから射出されたレーザ光束はこの半導体レーザの活性層の厚み方向にファスト軸を持ち、上記厚み方向と直交する活性層の表面に対して平行な方向にスロー軸を持つが、上記光束はファスト軸方向に良好な波面を有しこの方向には光束を正確に絞り込むことができるが、スロー軸方向には上記ファスト軸方向ほど良好な波面が形成されないなのでこの方向には光束を上記ファスト軸方向ほど正確に絞り込むことができない。

#### 【0004】

また、複数のレーザ光を発生させる手法として同一基板上に複数の半導体レーザが並ぶように形成する手法が知られており、このようにして形成された半導体レーザは活性層の表面が基板表面と平行になるように形成されるので、同一基板上に並べて形成された複数の半導体レーザから射出された光束は同一平面上にスロー軸が並ぶものとなる。そのため、上記基板を用いて複数の光束を高い結合効率で1本の光ファイバ中に合波させるには、上記同一平面上にスロー軸が並ぶ光束を同一平面上にファスト軸が並ぶ光束となるようにに変換してから光束の全体を収束させる必要があり、上記光束の軸方向の並び替え（以後、光束再配列という）を行なう手法として、例えば、特許文献2、特許文献3、特許文献4等が知られている。なお、上記結合効率は、複数の半導体レーザから射出された各光束を1本の光ファイバ中に合波させる際の光の利用効率である。

#### 【0005】

上記特許文献2によれば、同一方向に複数並ぶ光束の伝播方向と直交する方向に各光束に対応させて並べられたプリズムを通して上記光束再配列を実施している。また、特許文献3によれば、各光束を金属製のブロック上に多数形成された反射ミラーで反射させて上記光束再配列を実施している。また、特許文献4によれば1つのプリズム内で各光束を多数回反射させて上記光束再配列を実施している。

#### 【0006】

**【特許文献 1】**

特開平 2002-202442 号公報

**【0007】****【特許文献 2】**

米国特許第 5513201 号明細書

**【0008】****【特許文献 3】**

米国特許第 5808323 号明細書

**【0009】****【特許文献 4】**

米国特許第 6028722 号明細書

**【0010】****【発明が解決しようとする課題】**

しかしながら、特許文献 2 に示されるように、複数並ぶ光束の伝播方向と直交する方向に各光束に対応させてプリズムを並べて上記光束再配列を実施する場合には、各プリズムの配置に合わせて光束の間隔を広げる必要があり各光束の間隔を接近させた状態でこれらの光束を各プリズムに入射させることが難しいので、基板上に形成される半導体レーザの間隔を広げる等のことにより装置サイズが大きくなったり、後述する空間利用効率が低下して上記光束の光ファイバへの結合効率が低下したりするという問題がある。

**【0011】**

また、一般に、レーザ光を効率良く利用しようとする場合には、このレーザ光を反射させる反射面に高反射コートを施すことが前提となるが、上記特許文献 3 に示されるような金属製のブロック上に多数形成された複雑な形状の反射面に高反射コートを施したり、特許文献 2、特許文献 4 中に示される複雑な形状のプリズムに高反射コートを施したりすることが難しく、上記高反射コートが反射面に施されていない伝播光路中ではレーザ光の光量損失が大きくなりレーザ光の利用効率が低下するという問題がある。特に、特許文献 4 に示されるように、プリズム内で光束を多数回（例えば 5 回以上）反射させるような場合にはレーザ光の光

量損失がさらに大きくなる。

#### 【0012】

以下、上記空間利用効率について図10、図11および図12を参照して具体的に説明する。図10はレーザ光合波装置の概略構成を示す図であり、図10（a）は上記レーザ光合波装置を上方から見た平面図、図10（b）はレーザ光合波装置を半導体レーザが並ぶ方向から見た図、図10（c）はレーザ光合波装置を光束の光軸方向から見た図である。図11は光束が再配列され合波される様子を示す図であり、図11（a）は光束再配列光学系が各光束の軸方向を再配列する様子を示す図、図11（b）は各光束が光ファイバに合波される様子を示す図である。図12は光束再配列光学系を構成する各プリズムの配置を示す斜視図である。なお、図10（c）ではコリメート光学系を省略している。

#### 【0013】

上記レーザ光合波装置は、5つの半導体レーザ71A、71B、71C…が、各半導体レーザそれぞれの活性層72A、72B、72C…が同一平面上の図中矢印Y方向に並ぶように配置されたレーザブロック70と、上記各半導体レーザから射出され図中矢印Z方向に伝播される各光束La、Lb、Lc…を、互いに平行な光軸を持ち同一平面上にスロー軸を有する平行光束にするコリメート光学系75と、光束の伝播方向と直交する方向に各光束La、Lb、Lc…毎に配置された5つのプリズム81A、81B、81C…からなる光束再配列光学系80と、ファスト軸が同一平面上に並べられた上記光束からなる全体光束をスロー軸およびファスト軸方向に収束させて光ファイバ40に入射させる収束光学系85とを備えている。

#### 【0014】

コリメート光学系75は、各光束毎に配置されたコリメートレンズ76A、76B、76C…から構成されている。

#### 【0015】

なお、上記光束再配列光学系80は、コリメート光学系75により平行光束とされた各光束La、Lb、Lc…のX方向と一致するファスト軸Fの向きを変更して各ファスト軸FがY方向と一致する向きで同一平面上に並ぶようにするもの

である。

#### 【0016】

半導体レーザ71から射出された各光束La、Lb、Lc…は、コリメート光学系75により互いに平行な光軸を持ち同一平面上にスロー軸を有する平行光束とされ、各光束La、Lb、Lc…それぞれは、プリズム81A、81B、81C…を通してファスト軸がY方向と一致する同一平面上に並ぶように再配列される(図11(a)参照)。上記再配列された各光束からなる全体光束は、収束光学系85を通してファスト軸F方向およびスロー軸S方向の幅が狭くなるように収束され、光ファイバ40のコア部41に入射される(図11(b)参照)。

#### 【0017】

ここで、上記半導体レーザから射出された光束は、スロー軸方向に比してファスト軸方向に品質良く絞り込むことができるので上記ファスト軸方向に並ぶ5つの光束を光ファイバ40のコア部41に高い結合効率で結合させることができる。

#### 【0018】

また、上記各プリズム81A、81B、81C…が、図12に示すように、三角柱形状の三角柱プリズム部J1、J2、J3を組み合わせたものであるとすると、各光束は各個別のプリズムにおける三角柱プリズム部J1から入射し、三角柱プリズム部J1反射されてY方向に光路がシフトされた後、三角柱プリズム部J2、J3で反射されて三角柱プリズム部J3から射出される。そのため、各プリズム81A、81B、81Cが配置される際に、各個別のプリズムの三角柱プリズム部J3の間に三角柱プリズム部J1が配置される空間が必要であり、光束が射出される三角柱プリズム部J3同士を隣接して配置することができない。その結果、光束再配列光学系80から射出された各光束La、Lb、Lc…の間に間隙Gが生じた状態で各光束からなる全体光束が収束される。

#### 【0019】

ここで、各コリメートレンズ76A、76B、76C…の焦点距離を $f_1$ 、開口数をNA1、収束光学系85の焦点距離を $f_2$ 、光ファイバ40の開口数をNA2、空間利用効率を $\eta$ とすると、レンズ系の倍率M、つまり半導体レーザ7



71A、71B、71C…の各発光点である活性層の大きさに対する、光ファイバー40のコア部41の端面上における各光束La、Lb、Lc…の収束点の大きさの比が下記式(1)で与えられる。

### 【0020】

なお、Nは合波本数である。また、上記空間利用効率 $\eta$ は、各光束La、Lb、Lc…からなる全体光束が占める空間中、すなわち光束Laと光束Leとで挟まれる空間中における各光束La、Lb、Lc…の光路が占める割合によって規定されるものであり、各光束La、Lb、Lc…が互いに完全密接する状態においては $\eta = 1$ である。

### 【0021】

上記の条件下では、

### 【数1】

$$M = \frac{f_2}{f_1} = \frac{NA_1}{\left(\frac{NA_2}{N} \times \eta\right)} = \frac{NA_1}{NA_2} \times \frac{N}{\eta}$$

この式から明らかな通り、空間利用効率 $\eta$ が大きくなるほど倍率Mは低下する。そして倍率Mが小さくなるほど、半導体レーザ71A、71B、71C…、収束学系85および光ファイバー40の相對位置関係がずれた際に、各光束La、Lb、Lc…が光ファイバー40のコア部41の端面上で移動する距離が小さくなるので、各光束をより正確に合波させることができる。

### 【0022】

したがって、再配列された各光束の間に間隙が生じた状態で各光束からなる全体光束が収束されると空間利用効率 $\eta$ が低下して光束を正確に合波させることが難しくなるので、上記光束の光ファイバへの結合効率が低下する。

### 【0023】

本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであり、装置サイズの増大を抑え、かつ、レーザ光の利用効率を低下させることなく光束の全体を高い結合効率で合波させることができるレーザ光合波装置を提供することにある。

### 【0024】

**【課題を解決するための手段】**

本発明のレーザ光合波装置は、複数の半導体レーザが、該半導体レーザそれぞれの活性層が同一平面上に並ぶように配置されたレーザブロックと、前記複数の半導体レーザから射出された各光束を、互いに平行な光軸を持ち同一平面上にスロー軸を有する平行光束にするコリメート光学系と、前記平行光束とされた各光束の伝播方向における互いに異なる位置で各光束のファスト軸の向きを変更して各ファスト軸が同一平面上に並ぶようにする、各光束毎に配置された複数のプリズムからなる光束再配列光学系と、前記ファスト軸が同一平面上に並べられた光束からなる全体光束をスロー軸およびファスト軸方向に収束させて光ファイバに入射させる収束光学系とを備えたことを特徴とするものである。

**【0025】**

前記コリメート光学系は、トランケート型のレンズとすることができる。

**【0026】**

なお、トランケート型のレンズとは、複数のレンズをこれらのレンズの光軸方向と交わる方向に並べて配置する場合において、レンズが並べられる方向に各レンズの寸法を詰めて、一定の寸法内により多くのレンズが並べられるように配置されたレンズを意味する。

**【0027】**

また、前記互いに平行な光軸とは、実質的に平行な光軸であればよく完全に平行な光軸であることを要求するものではない。また、前記平行光束も実質的に平行光束とみなされる光束であればよい。また、上記同一平面上とは、実質的に同一平面上であればよく完全に同一平面上であることを要求するものではない。

**【0028】**

なお、前記コリメート光学系、光束再配列光学系、および収束光学系の役割は完全に分離されている場合に限らず、互いの機能の一部を兼用するようにしてもよい。例えば、光束再配列光学系が、上記光束を、ファスト軸方向の幅が狭くなるように収束させる機能の一部を有するものであってもよいし、あるいは、コリメート光学系が、上記光束を、スロー軸方向の幅が狭くなるように収束させる収束光学系の機能の一部を有するものであってもよい。

## 【0029】

## 【発明の効果】

本発明のレーザ光合波装置は、複数の半導体レーザが、各半導体レーザそれぞれの活性層が同一平面上に並ぶように配置されたレーザブロックと、上記半導体レーザから射出された各光束を、互いに平行な光軸を持ち同一平面上にスロー軸を有する平行光束にするコリメート光学系と、各光束毎に配置された複数のプリズムからなり、平行光束とされた各光束の伝播方向における互いに異なる位置で各光束のファスト軸の向きを変更して各ファスト軸が同一平面上に並ぶようにする光束再配列光学系と、上記ファスト軸が同一平面上に並べられた光束からなる全体光束をスロー軸およびファスト軸方向に収束させて光ファイバに入射させる収束光学系とを備えているので、装置サイズの増大を抑え、かつ、レーザ光の利用効率を低下させることなく光束の全体を高い結合効率で合波させることができる。

## 【0030】

すなわち、光束再配列光学系が各光束毎に配置された複数のプリズムからなるので、これらのプリズムを例えば単純な三角柱形状プリズムの組合せ等で構成することができるので、高反射コートを容易に施すことができ、また、プリズム内での反射回数も少なくすることができるので（例えば3回以下）、光束の伝播光路中における光量損失を少なくすることができる。これとともに、平行光束とされた各光束の伝播方向における互いに異なる位置で光束再配列を行なうので各光束の間隔を接近させた状態で各プリズムに入射および各プリズムから射出させることができるので装置サイズを増大させることもない。また、各光束の間隔を接近させて各プリズムに入射させることは、上記空間利用効率 $\eta$ を大きくすることとなり、上記式（1）における倍率 $M$ を低下させることができるので、レーザ光の利用効率を低下させることなく光束の全体を高い結合効率で合波させることができる。

## 【0031】

また、本発明のレーザ光合波装置は、特に波長450nm以下の波長を持つレーザ光を合波する際に顕著な効果を奏することができる。なぜならば、光束再配

列光学系を単純な形状の組み合わせによる製作容易な構造とすることができ、この光束再配列光学系のレーザ光を反射させる反射面に短波長領域の光を高い反射率で反射させる高反射コート膜を容易に形成することができるので、上記レーザ光合波装置を高出力レーザ装置として不可欠な高い透過率特性を有するものとすることができるからである。

### 【0032】

#### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について、図面を用いて説明する。図1は本発明の第1の実施の形態におけるレーザ光合波装置の概略構成を示す図であり、図1(a)は上記レーザ光合波装置を上方から見た平面図、図1(b)はレーザ光合波装置を半導体レーザが並ぶ方向から見た図、図1(c)はレーザ光合波装置を光束の光軸方向から見た図である。図2は半導体レーザの活性層からレーザ光束が射出される様子を示す斜視図、図3は光束再配列光学系を構成するプリズムを示す斜視図、図4は光束が再配列され合波される様子を示す図であり、図4(a)は光束再配列光学系が各光束の軸方向を再配列の様子を示す図、図4(b)は各光束が光ファイバに合波される様子を示す図である。図5は収束角変換光学系を3方向から見た図であり、図5(a)は収束角変換光学系をZ方向から見た図、図5(b)は収束角変換光学系をY方向から見た図、図5(c)は収束角変換光学系をX方向から見た図である。図6は収束光学系が全体光束を収束させる様子を示す図であり、図6(a)は全体光束をスロー軸方向の幅が狭くなるように収束させる様子を示す図、図6(b)は全体光束をファスト軸方向の幅が狭くなるように収束させる様子を示す図である。なお、図1(c)ではコリメート光学系を省略している。

### 【0033】

本発明のレーザ光合波装置は、複数の半導体レーザ11A、11B、11C…(以後、まとめて半導体レーザ11ともいう)が、各半導体レーザ11それぞれの活性層12A、12B、12C…(以後、まとめて活性層12ともいう)が同一平面上の図中矢印Y方向に並ぶように配置されたレーザブロック10と、各半導体レーザ11から射出され図中矢印Z方向に伝播される各光束La、Lb、L

c…を、Z方向に互いに平行な光軸を持ち同一平面H1上にスロー軸（図中矢印Sでスロー軸方向を示す）を有する平行光束にするコリメート光学系20と、上記平行光束とされた各光束の伝播方向における互いに異なる位置で上記各光束のファスト軸（図中矢印Fでファスト軸方向を示す）の向きを変更して各ファスト軸が同一平面上に並ぶようにする光束再配列光学系30と、ファスト軸が同一平面上に並べられた上記光束からなる全体光束をスロー軸およびファスト軸方向に収束させて光ファイバ40に入射させる収束光学系25とを備えている。なお、光束再配列光学系30は各光束La、Lb、Lc…毎に配置されたプリズム31A、31B、31C…（以後、まとめてプリズム31ともいう）からなるものである。

#### 【0034】

上記各半導体レーザ11は、出力1W、発信波長400～420nmのエッジエミッタ型の窒化物系半導体レーザであり、図2に示すように、ファスト軸F方向の発光幅 $D_f = 1\ \mu\text{m}$ 、スロー軸S方向の発光幅 $D_s = 25\ \mu\text{m}$ である。また、各半導体レーザ11から射出される光束のファスト軸F方向の実効的な開口数 $NA(f)$ は0.39で、スロー軸S方向の実効的な開口数 $NA(s)$ は0.2である。なお、ここでいうファスト軸F方向は、エッジエミッタ型半導体レーザの活性層の厚み方向、スロー軸S方向は上記活性層の表面に対して平行な方向でありありファスト軸F方向とスロー軸S方向とは互いに直交している。なお、上記レーザブロック10は、5つの半導体レーザ11A、11B、11C、11D、11Eを有するものである。

#### 【0035】

コリメート光学系20は、各光束La、Lb、Lc…毎に配置されたコリメートレンズ21A、21B、21Cから構成されるランケート型のレンズであり、各コリメートレンズ21A、21B、21C…の焦点距離は3mm、開口数NAは0.6である。また、各コリメートレンズ21A、21B、21C…でコリメートされた各平行光束の断面形状はファスト軸F方向の幅 $U_f$ が2.6mm、スロー軸S方向の幅が $U_s$ が0.9mmの楕円形状となる。

#### 【0036】

光束再配列光学系 30 を構成する各プリズム 31 A、31 B、31 C…のそれぞれは、図 3 に示すように、3 つの単純な三角柱形状からなる三角柱プリズム部 P1、P2、P3 が組み合わされた形状を有するものであり、ファスト軸 F の方向が図中 X 方向と一致するように入射された光束を、各プリズム部 P1、P2、P3 で 1 回ずつ合計 3 回反射してファスト軸 F の方向が Y 方向に一致する方向となるように変換して射出する。すなわち、図 4 (a) に示すように、この光束再配列光学系 30 は、同一平面 H1 上の Y 方向にスロー軸が並ぶようにして入射された各光束 La、Lb、Lc…を、同一平面上の Y 方向にファスト軸 F が並ぶ光束となるように再配列する。なお、上記 X 方向、Y 方向、Z 方向は互いに直交する方向である。図 6 に、光束再配列光学系 30 を Z 軸方向から見た図 (図 5 (a))、Y 軸方向から見た図 (図 5 (b))、軸方向から見た図 (図 5 (c)) を示す。

#### 【0037】

なお、上記光束を反射する各プリズム部 P1、P2、P3 の 3 つの面には反射率 99.5% 以上の高反射コートが施され、上記光束の入射面および射出面には反射率を 0.5% 以下に抑える反射防止コートが施されている。

#### 【0038】

収束光学系 25 は、図 6 に示すように、光束再配列光学系 30 から射出された各光束 La、Lb、Lc…からなる全体光束を、ファスト軸 F 方向 (ここでは Y 方向) の幅が狭くなるように収束させる収束 F レンズ 26、および上記全体光束を、スロー軸 S 方向 (ここでは X 方向) の幅が狭くなるように収束させる収束 S レンズ 27 とからなり、各光束 La、Lb、Lc…を光ファイバ 40 のコア部 41 の端面に合波させる (図 4 (b) 参照)。

#### 【0039】

また、光ファイバ 40 のコア部 41 の直径は  $50\ \mu\text{m}$  で、開口数 NA は 0.2 である。

#### 【0040】

次に上記実施の形態における作用について説明する。

#### 【0041】

半導体レーザ11から射出された各光束La、Lb、Lc…は、コリメート光学系20により互いに平行な光軸を持ち同一平面H1上にスロー軸Sを有する平行光束にされる。上記平行光束とされた各光束La、Lb、Lc…は、プリズム31A、31B、31C…のそれぞれを通して各光束La、Lb、Lc…のファスト軸が同一平面上に並ぶように再配列される(図4参照)。ここで、互いに隣り合う光束同士が干渉することなく光束の再配列が実施されて、各光束が互いに密接配置された空間利用効率が高い全体光束が生成される。

#### 【0042】

光束再配列光学系30から射出されたファスト軸が同一平面上に並ぶように再配列された各光束からなる全体光束は、収束Fレンズ26を通してファスト軸F方向の幅が狭くなるようにYZ平面において収束されるとともに、収束Sレンズ27を通してスロー軸S方向に幅が狭くなるようにXZ平面において収束され、光ファイバ40の直径50 $\mu$ mのコア部41に入射される。

#### 【0043】

ここで、上記半導体レーザから射出された光束は、スロー軸方向に比してファスト軸方向に品質良く絞り込むことができるので上記ファスト軸方向に並ぶ5つの光束La、Lb、Lc、Ld、Leを光ファイバ40のコア部41に高い結合効率で結合させることができる。

#### 【0044】

上記のことにより、5つの半導体レーザ11A、11B、11C…から射出された各1Wの出力を有する光束が光ファイバ40のコア部41に合波され、コア部41から4.5Wのレーザ光を出力させることができる。すなわち、5本のレーザ光束が結合効率は90%で光ファイバに結合される。

#### 【0045】

ここで、上記装置による合波の性能について説明する。

#### 【0046】

○ファスト軸方向の合波の性能(図6(b)参照)

収束Fレンズ26は、YZ平面において焦点距離 $Ff = 30\text{ mm}$ 、開口数 $NA = 0.2$ となっている。すなわち、コリメート光学系側から1光束あたりの $NA$

$= 0.39$  程度の広がり角で各光束  $L_a$ 、 $L_b$ 、 $L_c$ …が入射され、これらの光束 5 本が、 $NA = 0.2$  の光ファイバに入射されるように、 $NA = 0.2$  を 5 分割されるので、光ファイバ 40 のコア部 41 に集光されるファスト軸方向の光束の幅  $W_f$  は、

$$W_f = D_f \times [0.39 / (0.2 / 5)] = 10 \mu m$$

となる。ここで、 $D_f = 1 \mu m$

$D_f$  : 半導体レーザのファスト軸 F 方向の発光幅 (図 2 参照)

したがって、収束 F レンズ 26 はファスト軸方向に 10 倍の拡大率を有するものとなるため、ファスト軸方向の焦点距離  $F_f$  として 30 mm (すなわち、3 mm (各コリメートレンズの焦点距離)  $\times$  10 (倍率) = 30 mm) が必要となる。

#### 【0047】

また、上記ファスト軸方向の集光における回折による光束のボケ (広がり) は下記式で与えられる。

#### 【0048】

$$\Delta s = (4 / \pi) \times \lambda \times F_f / T_f$$

ここで、

$\lambda$  : 合波される光束の波長

$F_f$  : 収束される側のファスト軸方向の焦点距離

$T_f$  : 全体光束のファスト軸方向の幅

したがって、波長  $\lambda = 0.4 \mu m$ 、 $F_f = 30 mm$ 、 $T_f = 2.6 mm$  として、ファスト軸方向の光束のボケ (広がり)  $\Delta s$  は約  $5.8 \mu m$  となり、集光された光束は、ファスト軸方向に  $15.8 \mu m$  ( $10 \mu m + 5.8 \mu m = 15.8 \mu m$ ) 程度の広がり角を有するものとなる。

#### 【0049】

○スロー軸方向の合波の性能 (図 6 (a) 参照)

収束 S レンズ 27 は、XZ 平面において焦点距離  $F_s = 3 mm$ 、開口数  $NA = 0.2$  となっている。すなわち、コリメート光学系側から 5 本の光束のスロー軸 S が Y 方向に重ねられた状態で全体光束となり、 $NA = 0.2$  程度の広がり角で



入射されている。その後、この全体光束は  $NA = 0.2$  の光ファイバに入射されるので、光ファイバ 40 のコア部 41 に集光されるスロー軸方向の光束の幅  $W_s$  は、

$$W_s = D_s \times [0.2 / 0.2] = 25 \mu m$$

となる、ここで、 $D_s = 25 \mu m$

$D_s$  : 半導体レーザのスロー軸 S 方向の発光幅 (図 2 参照)

したがって、この収束 S レンズ 27 はスロー軸方向に 1 倍の拡大率を有するものとなるため、スロー軸方向の焦点距離  $F_s$  として 3 mm (すなわち、3 mm (各コリメートレンズの焦点距離)  $\times$  1 (倍率) = 3 mm) が必要となる。

#### 【0050】

また、上記スロー軸方向の集光における回折による光束のボケ (広がり) は下記式で与えられる。

#### 【0051】

$$\Delta_s = (4 / \pi) \times \lambda \times F_s / T_s$$

ここで、

$\lambda$  : 合波される光束の波長

$F_s$  : 収束される側のスロー軸方向の焦点距離

$T_s$  : 全体光束のスロー軸方向の幅

したがって、波長  $\lambda = 0.4 \mu m$ 、 $F_s = 3 mm$ 、 $T_s = 0.9 mm$  として、スロー軸方向の光束のボケ (広がり)  $\Delta_s$  は約  $1.7 \mu m$  となり、集光された光束は、スロー軸方向に  $26.7 \mu m$  ( $25 \mu m + 1.7 \mu m = 26.7 \mu m$ ) 程度の広がりを持つものとなる。

#### 【0052】

ここで、光ファイバ 40 のコア部 41 上に合波された 5 本の光束は、短軸方向の幅 (ファスト軸方向であり Y 方向である幅) が約  $15.8 \mu m$ 、で、長軸方向の幅 (スロー軸方向であり X 方向である幅) が約  $26.7 \mu m$ 、の楕円形状となる (図 4 (b) 参照)。

#### 【0053】

上記のことから、回折による光束のボケを考慮しても、光ファイバの端面にお

いて収束される光束の直径は  $30\ \mu\text{m}$  以下であり、光ファイバのコア部の直径  $D_c \approx 50\ \mu\text{m}$  に対して小さく、高い結合効率で光束を光ファイバに結合させることができる。

#### 【0054】

なお、レーザ光合波装置の装置サイズを決める最大要因として、各光学要素を収容するための収容容積が重要となるが、上記レーザ光合波装置の光束の進行方向における寸法は、コリメートレンズの焦点距離が  $3\text{mm}$ 、収束光学系の焦点距離が  $30\text{mm}$  であるので、その他の部品を含めても装置全体の長さを  $50\text{mm}$  以内に収めることができ小型化が可能である。

#### 【0055】

また、光束再配列光学系を以下のような構成にしてもよい。図7は上記と異なる光束再配列光学系の概略構成を示す平面図、図8は上記光束再配列光学系を構成する個別のプリズムを示す斜視図、図9は光束が再配列され合波される様子を示す図であり、図9(a)は各光束が光束再配列光学系に入射される様子を示す図、図9(b)は各光束が光束再配列光学系から射出される様子を示す図、図4(c)は各光束が光ファイバに合波される様子を示す図である。

#### 【0056】

図7、図8および図9に示すように、光束再配列光学系50を構成する各プリズム51A、51B、51C…のそれぞれは、2つの単純な四角柱形状からなる四角柱プリズム部P11、P12が組み合わされた形状であり、各プリズム51A、51B、51C…が、スロー軸Sの方向が図中Y方向と一致するように入射された光束を、四角柱プリズム部P11、P12それぞれで1回ずつ合計2回反射させてファスト軸Fの方向がZ方向と一致するように変換して射出させる。

#### 【0057】

これにより、半導体レーザ11から射出されコリメート光学系20により互いに平行な光軸を持ち同一平面上にスロー軸Sを有する平行光束に変換された各光束La、Lb、Lc…は各プリズム51A、51B、51C…に入射され(図9(a)参照)、プリズム51A、51B、51C…のそれぞれを通して各光束La、Lb、Lc…のファスト軸が同一平面上に並ぶように再配列されて各プリズ

μ51A、51B、51C…から射出される（図9（b）参照）。ここで、互いに隣り合う光束同士が干渉することなく光束の再配列が実施されて、密接配置された光束からなる空間利用効率が高い全体光束が生成される。

#### 【0058】

光束再配列光学系30から射出されたファスト軸が同一平面上に並ぶように再配列された各光束からなる全体光束は、収束レンズ25を通してファスト軸F方向の幅が狭くなるように収束されるとともに、スロー軸S方向にも幅が狭くなるように収束され、光ファイバ40の直径50μmのコア部41に入射され合波される（図9（c）参照）。

#### 【0059】

なお、光束再配列光学系50への光束の入射方向（Z方向）と、この光束再配列光学系50からの光束の射出方向とが互いに異なる方向（Y方向）となるので、各プリズム51A、51B、51C…のそれぞれの入射面55A、55B、55C…のY方向（スロー軸S方向）の幅 $N_s$ （図9（a）参照）は、各プリズム51A、51B、51C…のそれぞれの射出面56A、56B、56C…のZ方向（ファスト軸F方向）の幅 $N_f$ （図9（b）参照）に制限されることなく定めることができ、上記各入射面55A、55B、55C…に入射される光束のスロー軸S方向の幅と上記入射面55A、55B、55C…の幅 $N_s$ とを概略同等の幅とすることができるので、光束再配列光学系50に入射される互いに隣り合う光束の間隔をさらにさらに狭めることができる。これにより、レーザブロックやコリメータレンズの寸法をY方向にさらに小さくすることができ、レーザ光合波装置のさらなる小型化が可能である。

#### 【0060】

なお、上記レーザ光合波装置は、半導体レーザの実装配置、トランケート型のコリメータレンズのコリメート機能、および光束再配列光学系の光束再配列機能、収束光学系の光束収束機能等の最適化により、本出願人によりすでに提案されている特許文献（例えば、特願2002-287640、特願2002-201979）等に記載されているスタック型（ファスト軸方向に半導体レーザを積層した構造）を有する光ファイバ・レーザ（レーザ光合波装置）にも適用すること

ができる。

【0061】

なお、本発明のレーザー合波装置における合波本数は5本に限るものではなく、合波本数は2本以上のいずれの数を選択されてもよい。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の実施の形態におけるレーザー光合波装置の概略構成を示す図

【図2】

半導体レーザーの活性層からレーザー光束が射出される様子を示す斜視図

【図3】

光束再配列光学系を構成するプリズムを示す斜視図

【図4】

光束が再配列され合波される様子を示す図

【図5】

収束角変換光学系を3方向から見た図

【図6】

収束光学系が全体光束を収束させる様子を示す図

【図7】

他の光束再配列光学系の概略構成を示す図

【図8】

光束再配列光学系を構成するプリズムを示す斜視図

【図9】

光束が再配列され合波される様子を示す図

【図10】

従来のレーザー光合波装置の概略構成を示す図

【図11】

光束が再配列され合波される様子を示す図

【図12】

光束再配列光学系を構成する各プリズムの配置を示す斜視図

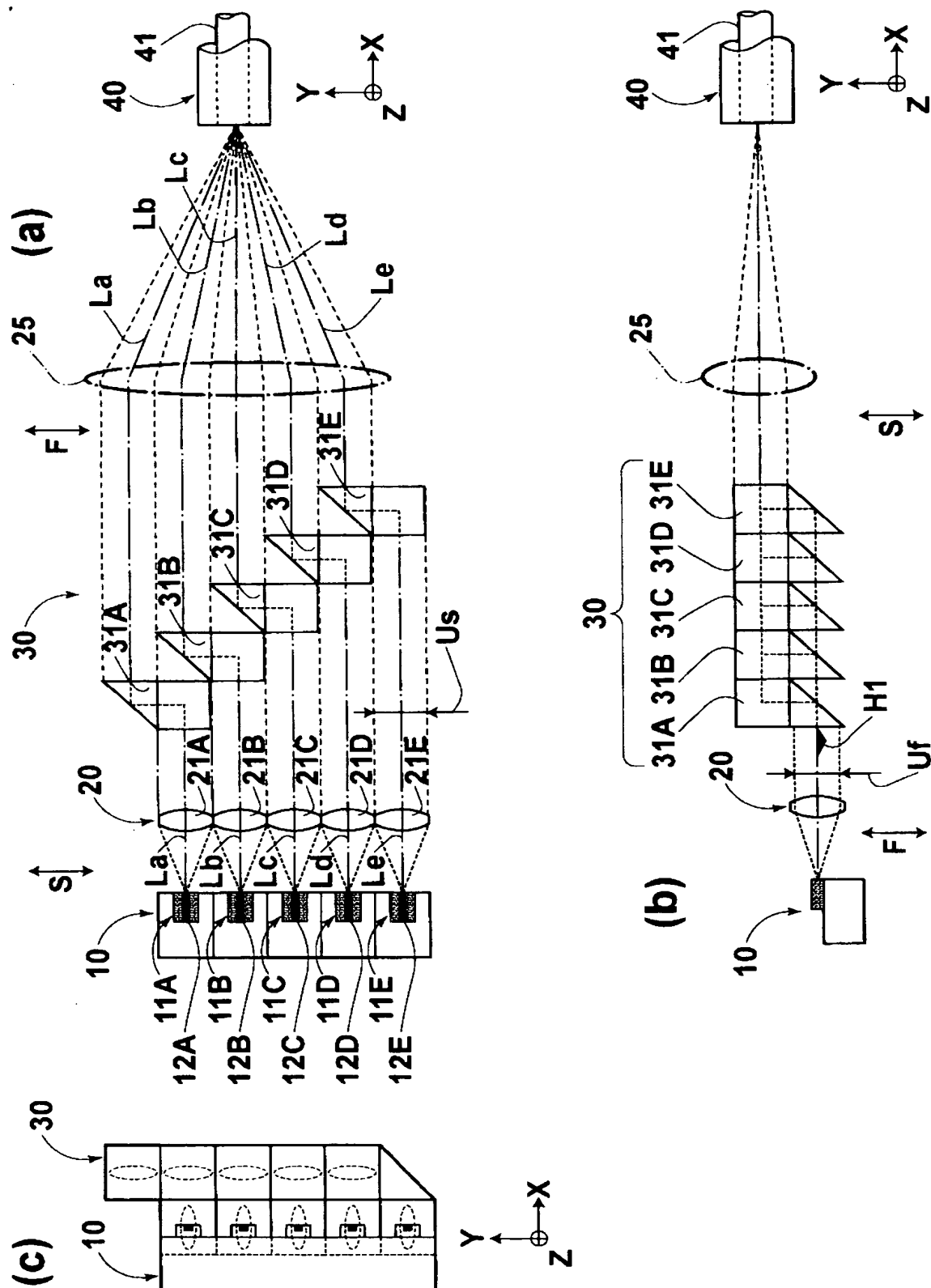
## 【符号の説明】

- 1 1 半導体レーザ
- 1 2 活性層
- 1 0 レーザブロック
- 2 0 コリメート光学系
- 2 5 収束光学系
- 3 0 光束再配列光学系
- 4 0 光ファイバ

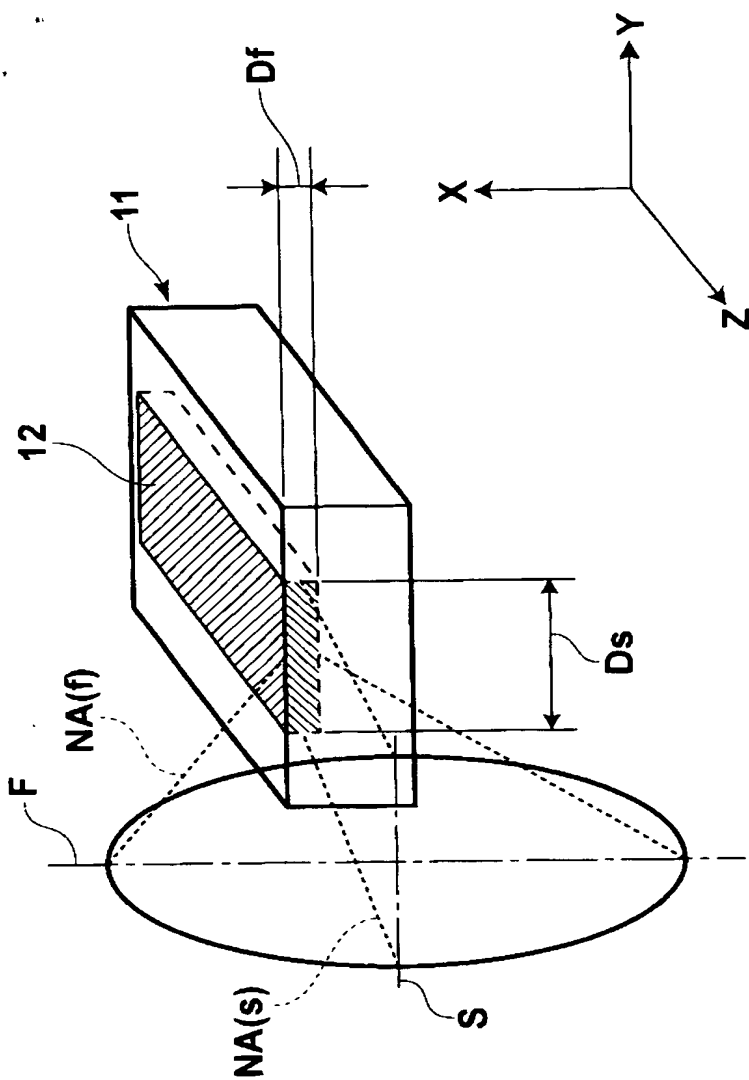
【書類名】

図面

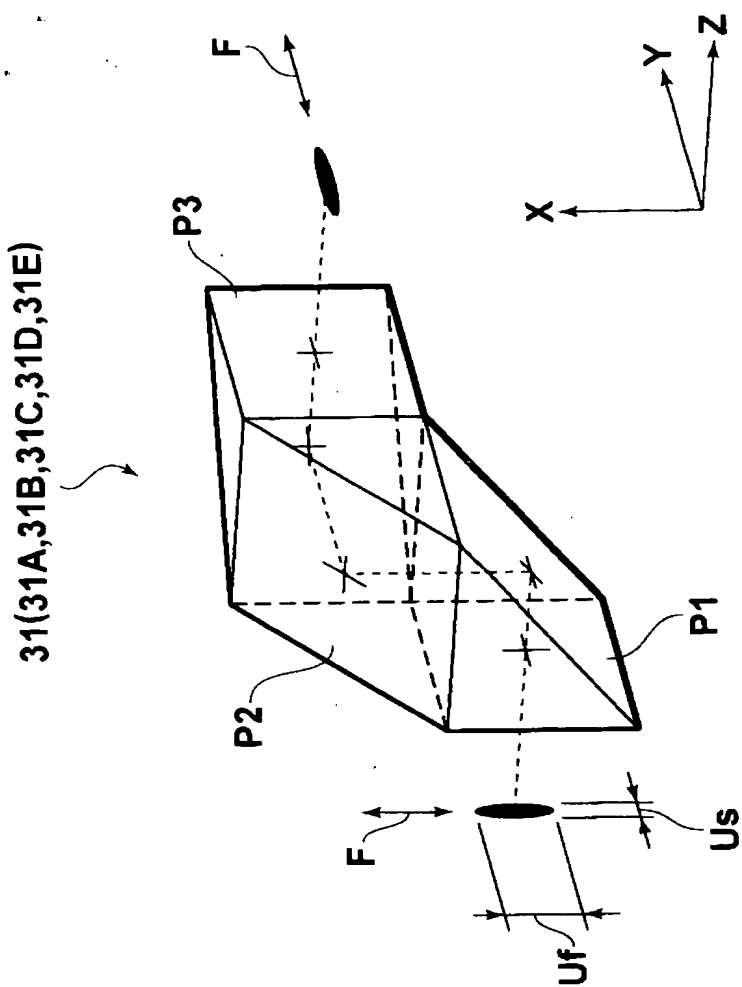
【図 1】



【図 2】

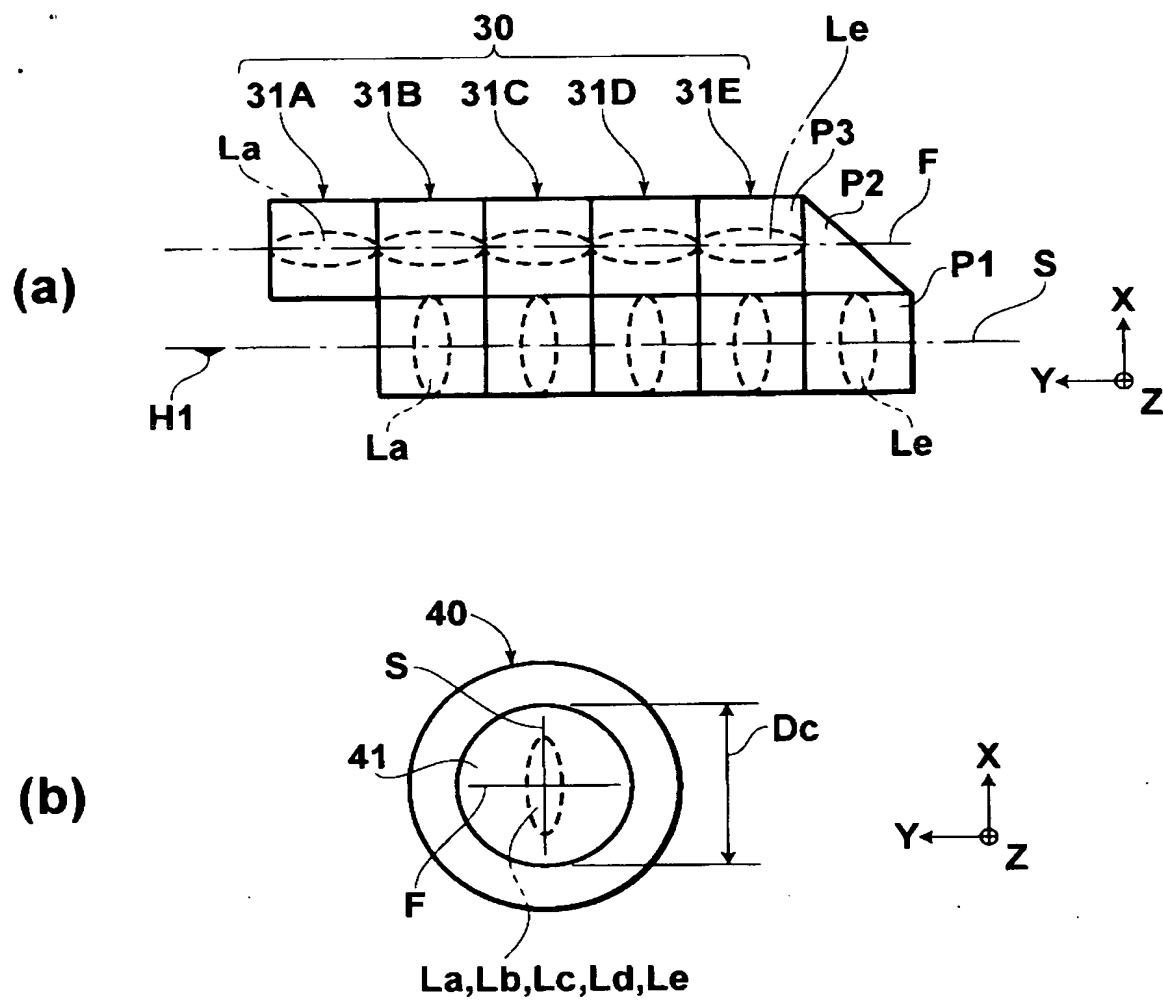


【図 3】



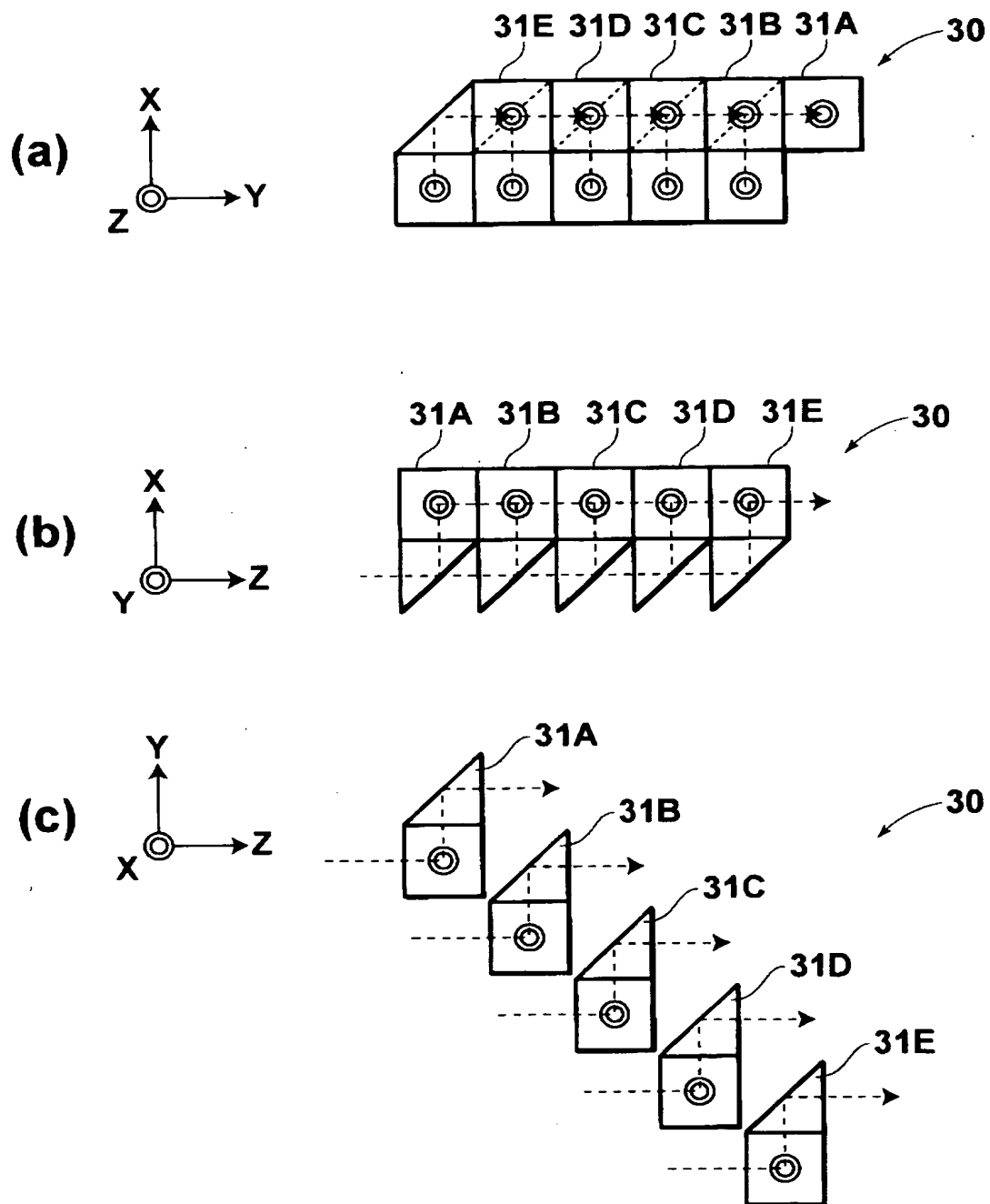


【図 4】

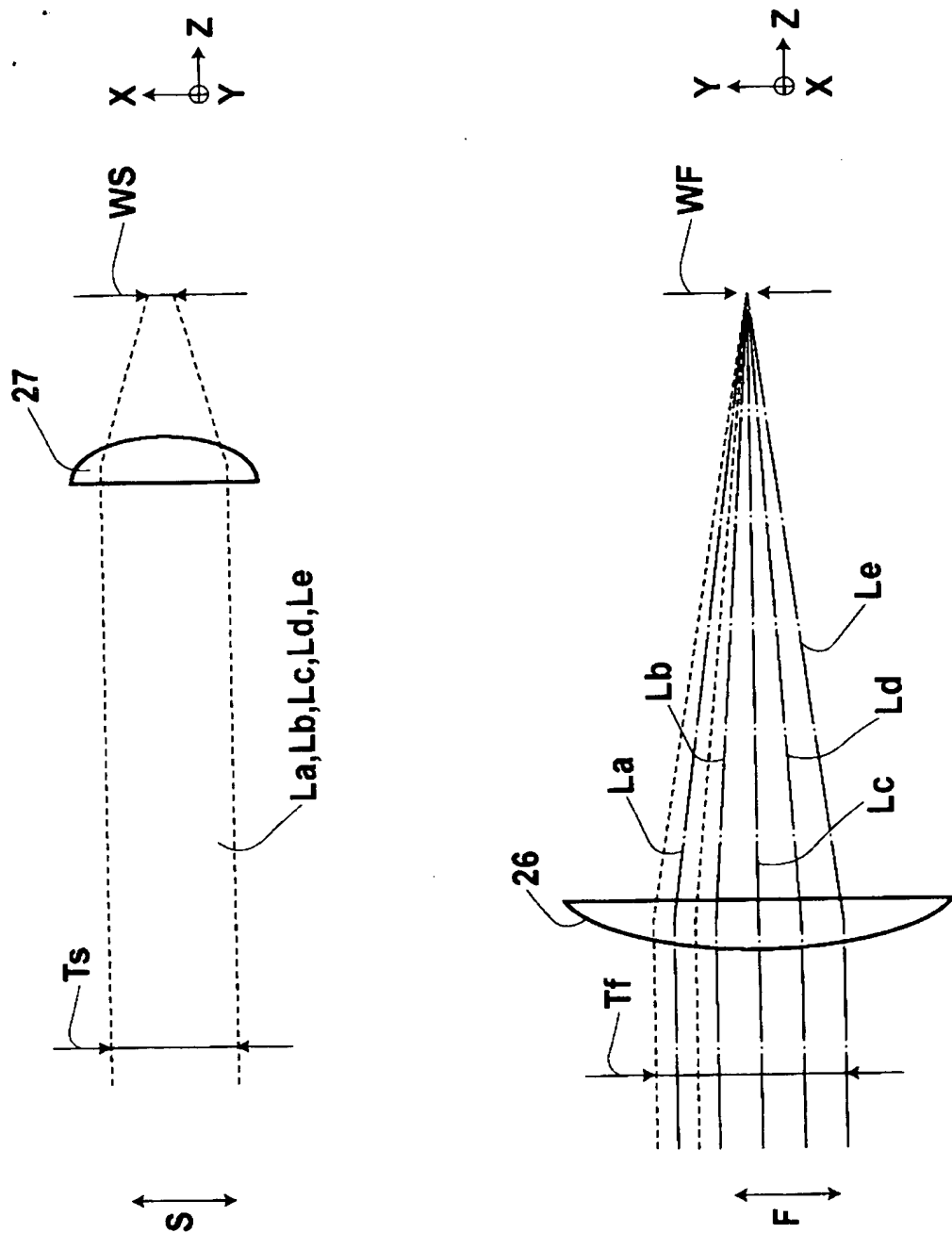


【図 5】

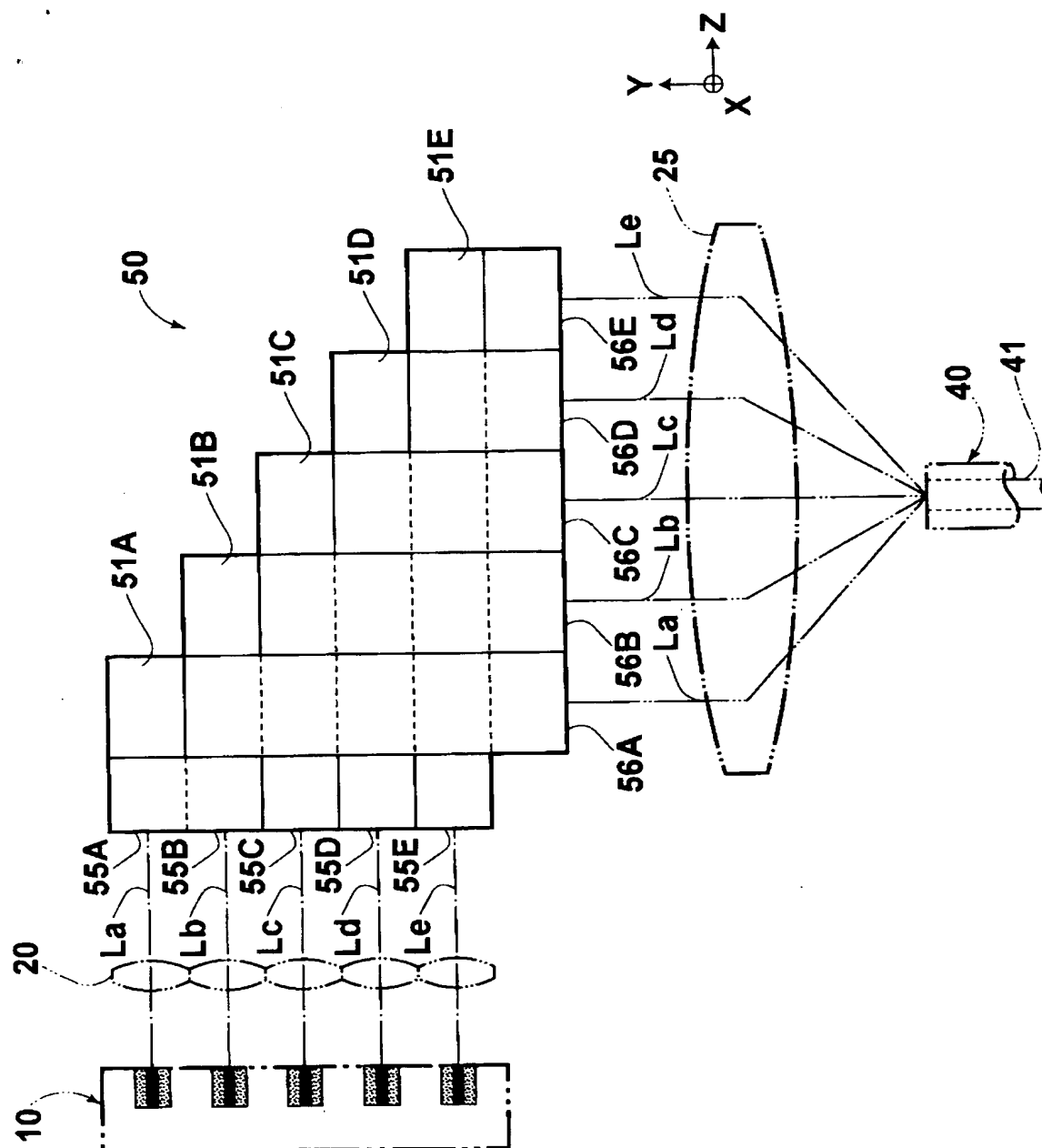
◎印は紙面垂直方向の光路を示す



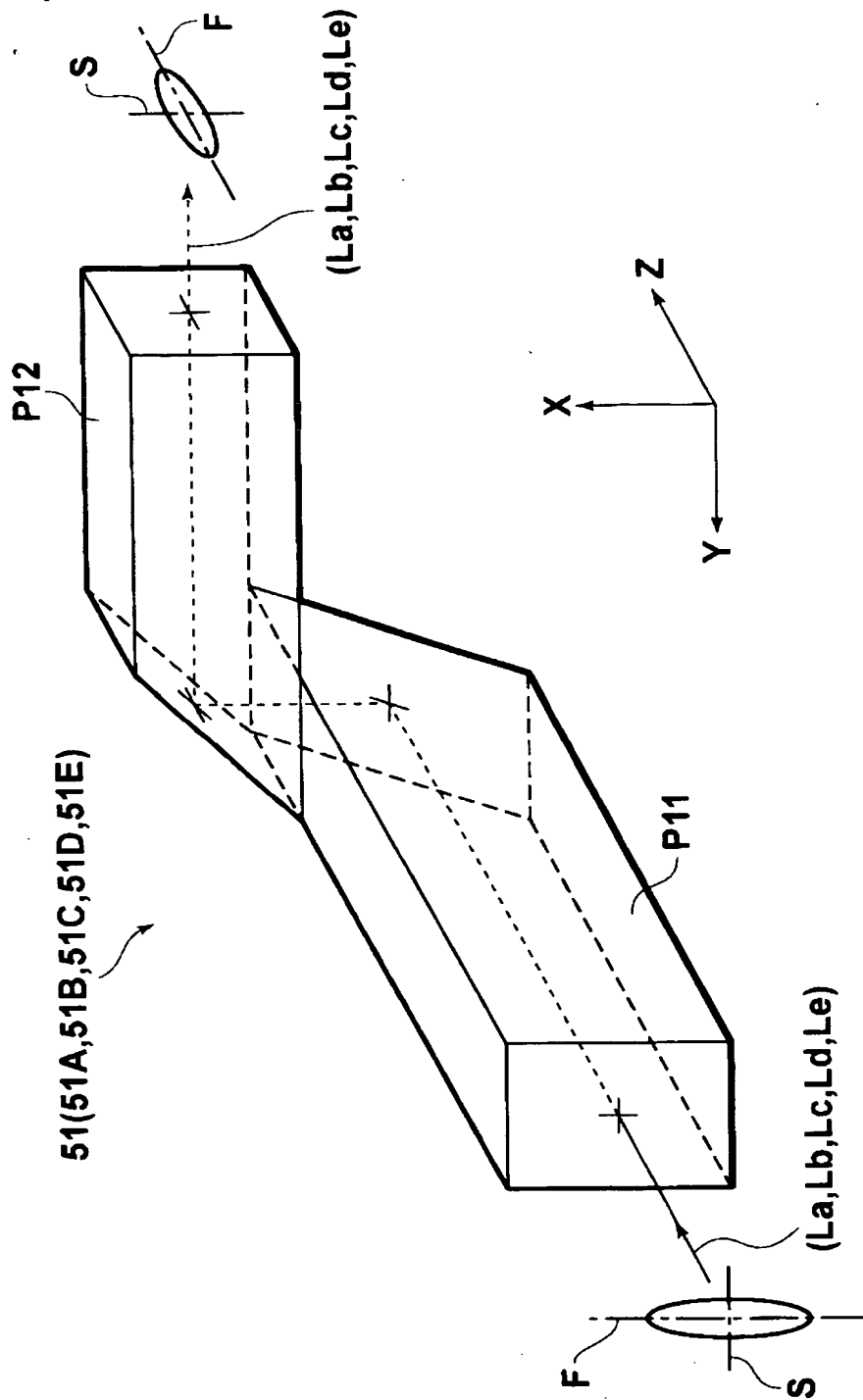
【図 6】



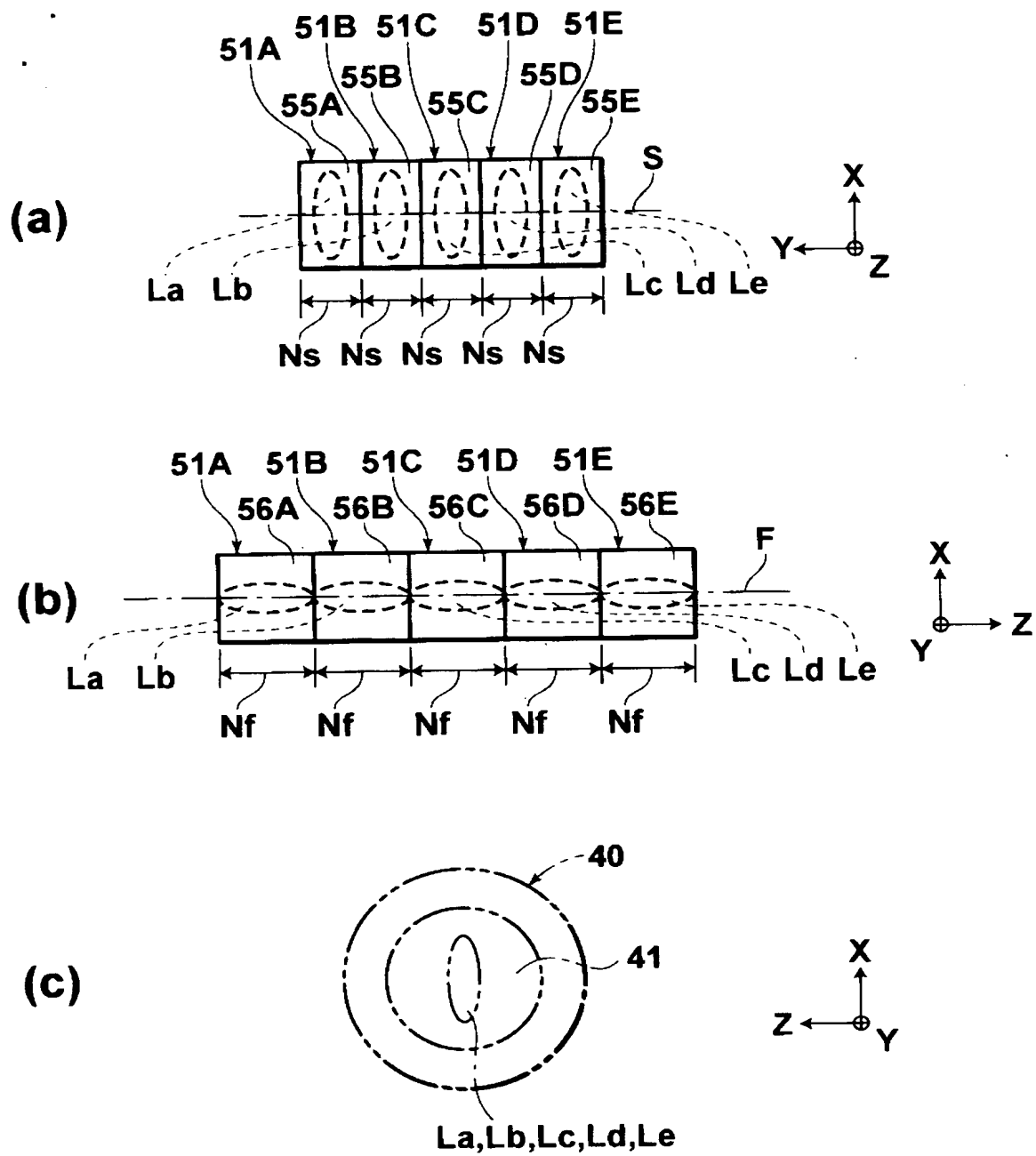
【図 7】



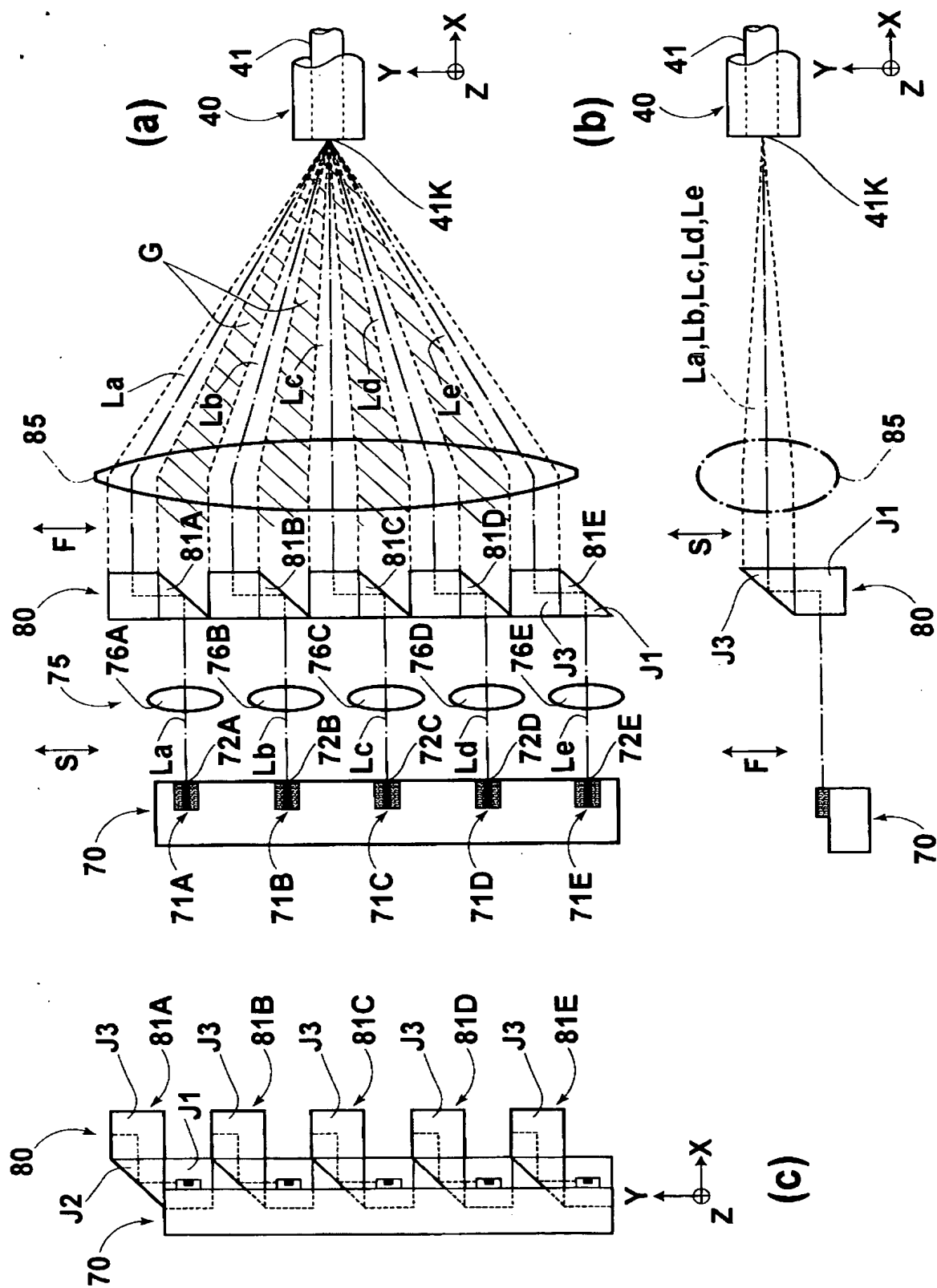
【図 8】



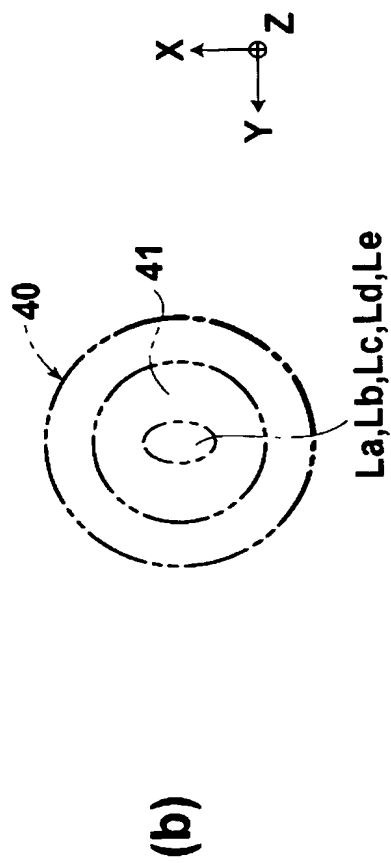
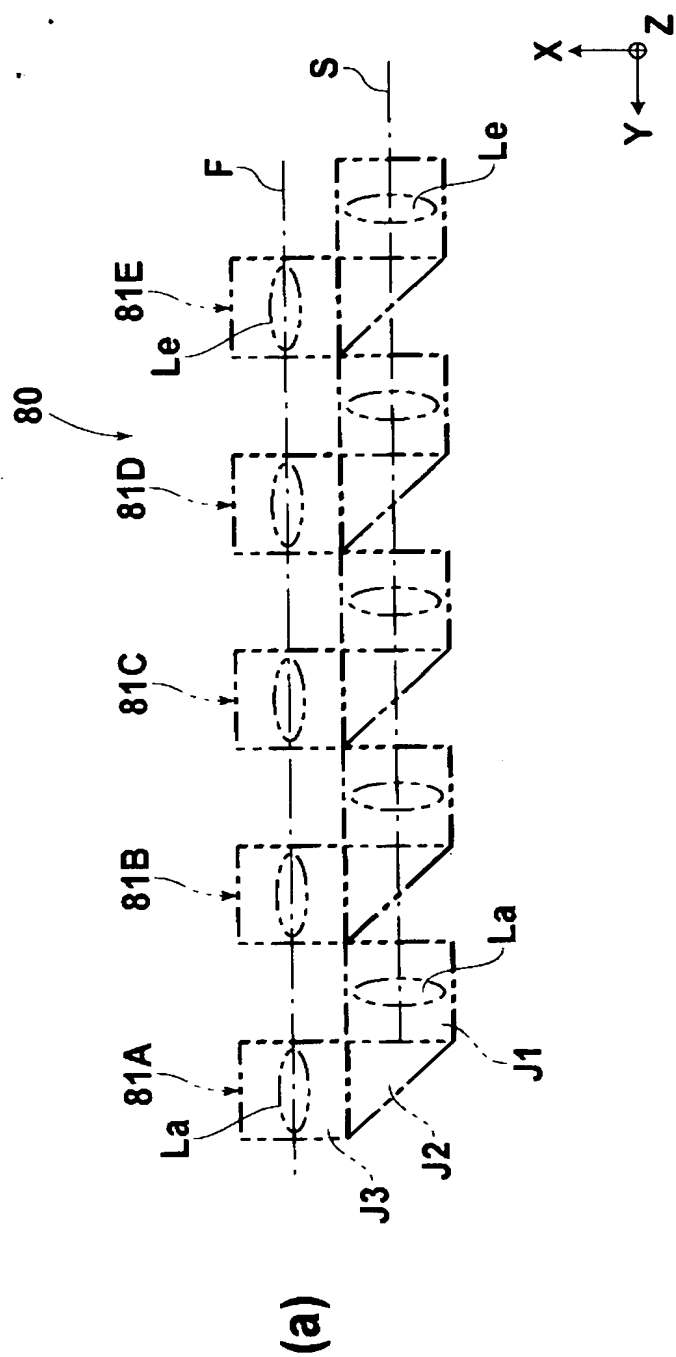
【図 9】



【図 10】

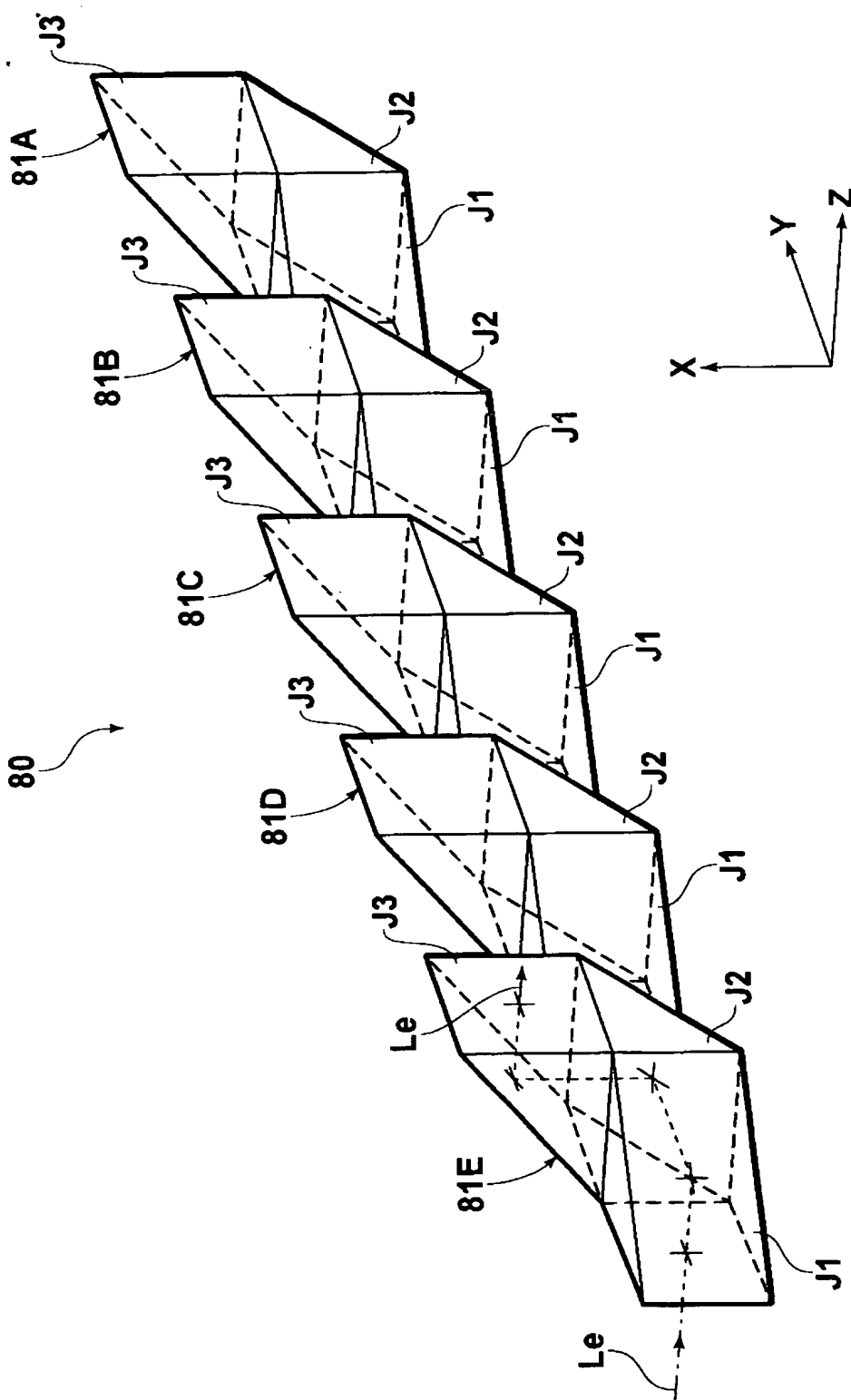


【図 11】





【図 12】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 レーザ光合波装置において、装置サイズの増大を抑え、かつ、レーザ光の利用効率を低下させることなく光束の全体を高い結合効率で合波させる。

【解決手段】 複数の半導体レーザ 1 1 A、1 1 B、1 1 C…から射出された各光束を、コリメート光学系 2 0 により互いに平行な光軸を持ち同一平面上にスロー軸を有する平行光束にする。各光束毎に配置された複数のプリズム 3 1 A、3 1 B、3 1 C…からなる光束再配列光学系 3 0 により上記各光束の伝播方向における互いに異なる位置で上記平行光束となった各光束のファスト軸の向きを変更して各ファスト軸が同一平面上に並ぶようにする。収束光学系 2 5 により、ファスト軸が同一平面上に並べられた光束からなる全体光束をスロー軸およびファスト軸方向に収束させて光ファイバ 4 0 に入射させる。

【選択図】 図 1

## 認定・付加情報

特許出願の番号 特願 2003-022056  
受付番号 50300148308  
書類名 特許願  
担当官 第二担当上席 0091  
作成日 平成15年 2月 3日

## &lt;認定情報・付加情報&gt;

【提出日】 平成15年 1月30日  
【特許出願人】  
【識別番号】 000005201  
【住所又は居所】 神奈川県南足柄市中沼 210 番地  
【氏名又は名称】 富士写真フイルム株式会社  
【代理人】 申請人  
【識別番号】 100073184  
【住所又は居所】 神奈川県横浜市港北区新横浜 3-18-3 新横  
浜 K S ビル 7 階  
【氏名又は名称】 柳田 征史  
【選任した代理人】  
【識別番号】 100090468  
【住所又は居所】 神奈川県横浜市港北区新横浜 3-18-3 新横  
浜 K S ビル 7 階  
【氏名又は名称】 佐久間 剛

次頁無

特願 2 0 0 3 - 0 2 2 0 5 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 0 5 2 0 1 ]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 1 4 日
[変更理由]	新規登録
住 所	神奈川県南足柄市中沼 2 1 0 番地
氏 名	富士写真フイルム株式会社